

Pengaruh Kuat Tekan Beton non Pasir Akibat Substitusi Fly Ash Menggantikan Semen

Felix Charlos Johnlow Kastanya,

Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

Gmail : fichjays1@yahoo.com

Abstract

Natural resources in the form of aggregate concrete material shaper that is sand, stone and cement, still the chosen one and still be useful although the negative risk to the broken area become enlarge slowly, so that to reduce the useful of sand aggregate and cement. Researcher doing research in order to know the strong value non sand concrete pressure with the cement reduction and replace with fly ash 20%, 40%, 60%, and 80%, until 90 days of the concrete. To get the supporter date, the research method which used is the research to the all material on the building and fly ash mechanic, as well as rough aggregate and strong test concrete pressure at the 7 days, 28 days and 90 days. The result of the research shows that the trial aggregate include in lighten aggregate cause of aggregate specific gravity 2.40 and fly ash specific gravity 2.45. beside, the concrete pressure on 7 days still classified in lighten concrete. However, in the 28 days and 90 days trial, concrete classified as normal concrete with strong pressure more than 17 mpa.

Keywords : aggregate, ash, concrete, pressure, environmental

1. PENDAHULUAN

Saat ini berbagai bangunan-bangunan baik dari yang sederhana hingga yang bertingkat mulai memenuhi daratan Indonesia dari Sabang sampai Marauke. Bangunan-bangunan tersebut terbangun untuk melayani kebutuhan masyarakat guna memenuhi kebutuhan sehari-hari dengan fungsi memperlancar berbagai aktivitas yang berhubungan dengan sandang, pangan, maupun papan yang terus meningkat seiring berkembangnya tingkatan starta kehidupan perseorangan maupun lingkungan bahkan negara.

Perkembangan yang diikuti dengan pembangunan gedung diberbagai lini kehidupan memaksa pemanfaatan sumberdaya alam yang semakin berkurang. Sumberdaya alam berupa agregat pembentuk material beton yaitu pasir, batu, maupun semen masih menjadi pilihan nomor satu dan terus dimanfaatkan walaupun resiko negatif terhadap kerusakan lingkungan perlahan-lahan mulai terkuak.

Agregat merupakan bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen (Tjokrodimulyo, 2007). Sebelum membentuk beton dengan mutu yang baik, mutu beton dapat diukur atau diperkirakan melalui sifat-sifat fisik agregat. Sifat-sifat fisik agregat yaitu: ukuran butiran agregat, Kekerasan Agregat, Berat Jenis Agregat, dan lain-lain. Hal ini disebabkan volume beton ditempati aggregate kira-kira 70% (Mulyono, 2005).

(Laksono, 2007), menjelaskan Dobrowolski mengklasifikasikan beton ringan atas beberapa klaster didasarkan pada berat volume dan kuat tekan

dimulai dari berat volume 240 kg/cm^3 dengan kuat tekan 0.35 MPa sampai 1900 kg/cm^3 pada kuat tekan $>17.3 \text{ MPa}$, sedangkan Neville dan Brooks memberikan klaster dari Beton ringan pecahan parouse (insulating concrete) 0.7 MPa sampai Beton Ringan structure (structure lightweight Concretes) $>17.3 \text{ MPa}$. Saat ini beton ringan semakin dikembangkan dengan mengurangi pemakaian agregat normal maupun dengan mereduksi semen dan menggantinya dengan *fly ash* atau abu terbang. Tujuannya adalah mengurangi limbah yang berbahaya ini dengan membuatnya menjadi padat sehingga tidak mudah terurai dan meyebar ke lingkungan serta menerobos masuk ke pori-pori tanah dan dapat bergerak hingga ke air tanah dalam serta mempengaruhi air minum.

Tallama, 2010 menyampaikan beberapa informasi yaitu di Amerika Serikat, yang telah berpengalaman menggunakan *fly ash* selama 25 tahun, memanfaatkan *fly ash* untuk proyek-proyek dengan struktur massif, seperti bendungan-bendungan, *power house* dan lain-lain. Penggunaan *fly ash* pada proyek-proyek seperti itu dinilai tetap baik, khususnya *exterior concrete*-nya. 2. Pengalaman di Jepang disimpulkan sebagai berikut :

- penggunaan air di dalam beton *fly ash* berkurang dari pada beton biasa,
- kekuatan beton *fly ash* lebih baik dari pada kekuatan beton biasa untuk waktu jangka panjang,
- fly ash* pada beton yang dianggap baik, karena mempermudah pengerjaan, kekuatan bertambah, sedangkan *shrinkage* dan *creep* kecil.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Jenis-Jenis Beton dan standar Penggunaannya di Lapangan

Beton adalah bangunan yang terbuat dari campuran semen, agregat dan air serta jika perlu di tambah dengan bahan additive beton.

Tabel 2.1 jenis-jenis beton berdasarkan berat beton dan agregat penyusunnya (Tjokrodimulyo, 2003).

Jenis Beton	Berat Beton (Kg/m ³)	Pemakaian
Beton Sangat Ringan	< 1000	Non struktur
Beton Ringan	1000 – 2000	Struktur Ringan
Beton Normal (Biasa)	2300-2500	Struktur
Beton Berat	> 3000	Perisai Sinar x

Beton ringan menurut SKSNI : 03 – 3449 – 1999 merupakan beton dibawah 1860 kg/m³ dengan kuat tekan maksimumnya 41,36 MPa. Jenis-jenis beton ringan berdasarkan berat beton, kuat tekan dan agregat penyusunnya, menurut SKSNI : 03 – 2449 – 1999 di tunjukan pada tabel:

Tabel 2.2 Jenis-jenis beton ringan berdasarkan berat beton, kuat tekan dan agregat penyusunnya (SKSNI : 03 – 2449 – 1999)

Konstruksi Beton Ringan	Beton Ringan		Jenis Agregat
	Kuat Tekan (MPa)	Berat Beton (Kg)	
Struktural			Agregat ringan di buat melalui proses pemanasan dari batu serpih lempung, serbuk terak besi dan abu terbang (<i>fly ash</i>)
Maksimum	41.36	1860	
Minimum	17.24	1400	
Struktur Ringan			
Maksimum	17.24	1400	Agregat ringan lama
Minimum	0.89	800	Skoria dan batu apung
Struktur Sangat Ringan sebagai isolasi :			
Maksimum	-	<800	Perlik atau

Minimum	-	-	vermikulif
---------	---	---	------------

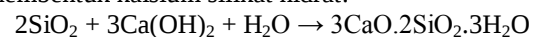
Pembagian penggunaan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan minimum yang harus dipenuhinya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) (Satyarno, 2004): yaitu:

1. Untuk non struktur dengan berat jenis antara 240 kg/m³ sampai 800 Kg/m³ dengan kuat tekan 0.35 MPa sampai 7 MPa yang umumnya digunakan pada : dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. Untuk struktur ringan dengan berat jenis antara 800 kg/m³ sampai 1400 kg/m³ dan kuat tekan. Antara 7 MPa samapi 17 MPa yang umumnya digunakan pada dinding penahan yang juga memikul beban.
3. Untuk struktur dengan berat jenis antara 1400 Kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 17 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal.

2.2 Abu Batu Bara dan Sifat Teknis

Abu terbang adalah sisa dari pembakaran batu bara. (Cook D.J, 1986). *Fly ash* atau abu terbang di kenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Dalam Nugraha dan Antoni (2007), pozzolan sendiri tidak mempunyai sifat perekat seperti semen, tetapi bila bertemu dengan Ca(OH)₂ dalam kelengasan, yang dapat bereaksi secara lambat, membentuk kalsium silikat hidrat:



Kehalusan butir *fly ash* sangat mempengaruhi kekuatan kubus beton, ini dapat dilihat bahwa semakin kecil sisa *fly ash* pada ayakan 45 mm maka kuat hancur beton yang dihasilkan cenderung semakin meningkat dengan presentase bahan tambah *fly ash* terhadap semen yang sama.

Kelemahan pemakaian *fly ash* adalah :

- a. Proses pengikatan awalnya cukup lambat, seingga kurang menguntungkan untuk pembuatan beton yang memerlukan pengerjaan beton cepat.
- b. Pengendalian mutu *fly ash* sangat tergantung pada proses/suhu pembakaran serta jenis batu bara yang digunakan.

2.3 Klasifikasi Abu Batubara

Fly ash menurut ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 1226.3R-3) dapat diklasifikasikan atas 3 jenis, yaitu:

1. Kelas C

- Fly ash* yang mengandung CaO diatas 10% dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
- Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Fe}_3$) > 50%.
- Kadar Na_2O mencapai 10%.
- Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-35% dari total binder.

2. Kelas F

- Fly ash* yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara.
- Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) > 70%.
- Kadar Na_2O < 5%.
- Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-25% dari total berat binder.

3. Kelas N

- Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara tanah diatomic, opaline, chert, dan shales, tuff dan abu vulkanik, dimana bias diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

2.4 Tipe Semen Portland

Semen Portland menurut SNI 15-0302-2004 adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozzolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozzolan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat

A. Bahan

Dalam penelitian ini digunakan bantak dari sungai boyong gunung Merapi sebagai agregat, dan *fly ash* dari PT. Toray Company, dengan maksud untuk mengetahui sifat kekuatan, berat jenis, rongga udara, permeabilitas, modulus elastisitas beton yang menggunakan bahan-bahan tersebut sebagai material pembentuk beton yang akan diolah menjadi batu pecah untuk dimanfaatkan sebagai dinding penahan tanah. Bahan-bahan yang diperlukan sebagai berikut:

1. Air

Air yang digunakan merupakan air yang berasal dari instalasi air bersih pada Laboratorium Bahan

Bangunan, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik-Universitas Gadjah Mada Jogjakarta



Gbr. 3.1 Air untuk campuran beton

2. Semen (Portland Cement)

Dalam penelitian ini digunakan semen type I atau ordinary Portland cement. Hal ini disebabkan konstruksi bersifat umum, tidak menuntut persyaratan khusus dalam penggunaan semen sebagai bahan pengikat sesuai klasifikasi yang diatur dalam SNI 03-6861.1-2002.

Semen diperoleh dengan dibeli dari toko bangunan di wilayah Jogjakarta, kemasan semen dalam kantong tertutup dengan berat 50 kg dan dapat dilihat pada gambar



Gambar 3.2. Semen Portland type 1

3. *Fly ash* (Abu Terbang)

Fly ash atau yang dikenal dengan abu terbang merupakan sisa pembakaran batu bara. *Fly ash* yang dipakai pada penelitian ini merupakan *fly ash* yang berasal dari PT. Toray Company, sebagaimana terlihat pada gambar



Gambar 3.3. *Fly ash* dipakai

B. Alat

1. Pemeriksaan Bahan Dasar

Saringan/ayakan no.20mm-40mm digunakan untuk mengayak batuan, sehingga mendapatkan batuan yang seragam.



Gambar 3.4. saringan dipakai untuk Mengayak agregat

2. Timbangan dipakai untuk penelitian ini seperti terlihat pada gambar



Gambar 3.5. Timbangan dipakai untuk menimbang bahan

3. Drying dan weighing oven, merk ELE tipe EL22-133 untuk mengeringkan bahan



Gambar 4.7. Oven Pengering

4. Bejana Baja, untuk pemeriksaan berat satuan, Gbr

5. Bejana Rudellof, untuk uji kekerasan batuan, kapasitas 40 ton, dilengkapi dengan silinder baja, stempel, dan alasnya, lihat gambar
6. Mesin abrasi Los Angles, digunakan untuk uji ketahanan aus batuan, dilengkapi dengan bola-bola baja, lihat gbr
7. peralatan pendukung lainnya, seperti: Jangka sorong (caliper), stopwatch, sendok spesi, ember, bejana, cawan, dan tongkat besi.

3.2. Peralatan Pembuatan benda Uji

1. Umum

- Gelas Ukur Volume 50 ml, 100ml, 250ml, dan 1000ml digunakan untuk mengukur kebutuhan air dalam pencampuran beton.
- Sekop, cetok, dan kayu untuk memasukkan campuran beton dan melakukan perocokan guna pemadatan campuran beton.
- Jam tangan untuk menghitung waktu pencampuran beton
- Mesin aduk beton (molen) untuk melakukan pencampuran beton hingga rata.
- Timbangan untuk melakukan pengukuran berat agregat dan semen serta *fly ash* sesuai dengan hasil perhitungan mix design.

2. Kubus beton

Mall berbentuk kubus ukuran 15cm x 15cm x 15 cm, terbuat dari besi. Campuran beton akan dituangkan kedalam mall ini, dan setelah beton keras, mall dilepas dan beton dilakukan curing time selama 28 hari dan diangkat untuk dilakukan uji leaching.

3.3.. Data Sekunder

Data yang dibutuhkan untuk pengujian ini antara lain : ukuran bantak yaitu lolos saringan 20 mm dan tertahan pada saringan 40 mm, berat satuan bantak, berat satuan abu terbang, berat satuan semen, berat jenis bantak, berat jenis semen, dan berat jenis *fly ash*.

3.4.. Uji Propertis Bahan

Uji propertis bahan awal dilakukan terhadap *fly ash*, meliputi: uji analisis saringan, uji berat satuan baik dalam keadaan gembur maupun padat, dan uji berat jenis. Selain itu juga dilakukan uji mineralogi dan uji kimia untuk air dan *fly ash*.

3.5.. Mix Design

Untuk menghindari terjadinya kekurangan mortar beton yang akan menghasilkan suatu batuan

yang baru, dilakukan perhitungan pencampuran untuk kebutuhan masing-masing bahan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data yakni: berat satuan semen, berat satuan bantak, faktor air semen, dan perbandingan *fly ash* terhadap berat semen di mana saat semen di reduksi selanjutnya hasil reduksi akan digantikan dengan menggunakan *fly ash*

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Teknis Bahan

A. Agregat

1. Abu Terbang (*Fly ash*)

Dari hasil pemeriksaan lab bahan bangunan UGM diperoleh berat satuan *fly ash* = 0.647 dalam keadaan rodded, dan dalam keadaan shoveled berat satuan *fly ash* = 0.4742, Berat jenis *fly ash* diperoleh 2.4468, berat jenis kering-muka diperoleh 2.5269, Kadar air *fly ash* dalam keadaan kering tungku diperoleh 1.28%, sementara dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*) diperoleh 13,86%

2. Agregat

Hasil pemeriksaan berat satuan bantak, untuk kondisi *rodded* diperoleh berat satuannya adalah 1.50 gr/dm³ dan untuk kondisi *shoveled* diperoleh berat satuannya adalah 1.36 gram/dm³, *specific gravity* bantak adalah 2.40 dengan demikian agregat bantak ini digolongkan kedalam agregat ringan sebab menurut Tjokrodinuljo (2007) *specific gravity* agregat normal berkisar diantara 2.5 – 2.7, **Kekerasan/Pembubukan** batuan menunjukkan hasil bagian yang hancur adalah sebesar 24.44%, sehingga batuan ini dikategorikan masuk untuk kekuatan beton di bawah K-125 menurut SII 0052-80, dan ketahanan aus menunjukkan bahwa bagian yang hancur sebanyak 55.70 %, sehingga batuan ini dikategorikan untuk beton di bawah K.125 menurut SII 0052-80

4.2. Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap berat volume beton

Penambahan *fly ash* menggantikan semen menyebabkan berat volume beton cenderung turun, hal ini dapat dilihat pada hasil uji yang di peroleh, dari rekapitulasi berat volume beton yang diambil saat dilakukan perawatan terhadap beton pada hari ketujuh, nilai berat volume pada masing-masing beton dengan variasi penambahan *fly ash* bergerak turun dimulai dari beton dengan variasi kandungan *fly ash* 0% berat volume beton 2.26 kg/dm³, sampai dengan beton dengan *fly ash* 80% berat volume

betonnya adalah 1.99 kg/dm³. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Berat volume Beton Non Pasir hasil penelitian

No	Penambahan FA	Berat Volume Beton								
		7 Hari			28 Hari			90 Hari		
		Sampel			Sampel			Sampel		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	(%)	kg/dm ³			kg/dm ³			kg/dm ³		
1	0	2.25	2.28	2.26	2.29	2.24	2.29	2.26	2.25	2.23
2	20	2.26	2.20	2.20	2.29	2.29	2.23	2.21	2.19	2.22
3	40	2.15	2.17	2.15	2.25	2.22	2.21	2.18	2.25	2.19
4	60	2.09	2.11	2.16	2.17	2.06	2.11	2.11	2.11	2.16
5	80	2.00	1.95	2.01	2.02	2.07	2.07	1.94	1.99	2.01

4.3. Evaluasi Nilai Kuat Tekan Variasi Kandungan *Fly ash* dan Bantak

Dari hasil pengujian tersebut dapat di lihat suatu tren pergerakan kekuatan beton akan semakin menurun dalam melawan tekanan saat semennya dikurangi dan *fly ash*nya ditambahkan. Sementara pada kondisi fungsi waktu terlihat bahwa semakin lama beton tersebut dicuring, kekuatannya akan semakin meningkat.

Saat beton berumur 7 hari, seluruh kekuatan beton masih diklasifikasikan sebagai beton ringan karena kemampuan beton dalam menahan tekanan berada pada 7 – 17 MPa sementara beton dengan kandungan *fly ash* 80% di klasifikasikan sebagai beton struktur ringan dengan kuat tekan dibawah 7 MPa menurut (SKSNI : 03 – 2449 – 1999).

Tabel 4.2 Hasil Uji Kuat Tekan

No	Penambahan FA	Kuat Tekan Beton								
		7 Hari			28 Hari			90 Hari		
		Sampel			Sampel			Sampel		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	(%)	(MPa)			(MPa)			(MPa)		
1	0	17.55	14.15	17.83	22.64	27.16	20.37	24.90	27.16	28.29
2	20	15.00	13.02	13.59	20.38	18.11	15.64	22.07	21.50	23.77
3	40	16.42	12.73	11.89	16.13	17.54	16.69	20.38	18.64	25.46
4	60	11.89	12.44	12.40	13.96	14.43	15.84	14.42	16.98	13.56
5	80	5.09	5.58	5.38	5.43	5.58	5.38	6.79	6.94	8.27

Kuat tekan beton *fly ash* juga menunjukkan tren yang agak berbeda khusus pada kandungan *fly ash* 20% dan 40%. Jika dilakukan rata-rata berdasarkan angka terdekat, maka pada kandungan 20% diperoleh kuat tekan 33.96 Mpa, sedangkan pada kandungan 40% diperoleh kuat tekan 33.11 Mpa, sementara kuat tekan beton tanpa *fly ash* diperoleh 41.3 Mpa. Kondisi ini menunjukkan, beton tanpa *fly ash* secara umum berbeda kuat tekan sebesar 7 Mpa dengan beton *fly ash*.

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan : Agregat yang diteliti tergolong dalam agregat ringan sebab Berat

jenis agregat 2.40, dan berat jenis fly ash 2.45. sedangkan kuat tekan beton pada 7 hari masih digolongkan dalam beton ringan, namun pada uji 28 hari dan 90 hari beton dikategorikan sebagai beton normal dengan kuat tekan diatas 17 Mpa.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan perbandingan awal yang lain selain yang telah dilakukan peneliti 1:2, untuk mengetahui fungsi lain dari agregat ringan dan limbah fly ash.

Masih terekam perbedaan nilai kuat tekan yang agak signifikan perbedaannya, hal ini disebabkan tidak sempurnanya proses pencampuran atau pemadatan sebelum pengerasan pada suhu ruangan, sehingga perlu diawasi dengan baik proses pengerjaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982), Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan P.U. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman Jalan Taman sari 84, Bandung.
- Cokea, E., 1999, *Effect of Fly ash on Swell Pressure of in Expansive Soil*, Journal EJGE, Turkey.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pemanfaatan Abu Terbang Untuk Pekerjaan Beton*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*, Standart Yayasan LPMD, Bandung.
- Departemen PU Direktorat Jenderal Bina Marga, 1993, *Second Nine Province Road Rehabilitation Project (Spesifikasi Umum)*, Direktorat Bina Program Jalan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1994, SNI 03-3449-1994, *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen pekerjaan umum, 2005, *manual on soil cemen sabo dam*, manual book, Yogyakarta, Indonesia.
- Oktarina, D., 2007, *Penggunaan Cangkang Darah Asal Pasar Kobong Semarang Sebagai Agregat Dalam Pembuatan Beton Non Pasir*, Tesis S-2, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Pekerjaan Umum, 1985, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1987)*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Pekerjaan Umum, 1978, *Peraturan Bangunan Nasional (PBN)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Pekerjaan Umum, 1991, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SK SNI-T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung.
- Pekerjaan Umum, 1994, *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*, SK SNI-03-3449-1994, Yayasan LPMB, Bandung.
- Perindustrian, 1981, *Standart Industri Indonesia (SII)*, Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Pekerjaan Umum, 1996, *Standar Pengujian Dinding dengan Tumpuan Sederhana*, SK SNI-03-4165-1996, Yayasan LPMB, Bandung.
- Satriana, S., 2004, *Penggunaan Batu Gamping Non Klasik Lunak (Kepus) Ukuran 5-10 mm Sebagai Agregat Dalam Pembuatan Beton Non Pasir*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Singarimbun, M., D., 2009, *Penggunaan efektif limbah abu batu bara sebagai bahan bangunan paving block mutu berdasarkan sni 03-0691-1996*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 2005, *Batu Bara dan Pemanfaatannya*, Penerbit, Gadjah Mada Univesity Press, Yogyakarta.
- Tjokrodinulyo, K., 2007, *Teknologi beton*, Biro Penerbit FT UGM, Yogyakarta.
- Tallama, D, A., 2010, *Pemanfaatan Bahan Limbah Coal Ash Untuk Lapisan Subgrade*, Tesis, Tidak dipublikasikan, Program Pascasarjana Jurusa